

Mathematischer Anhang

Für ein Kraftwerk der Kapazität Kap und einer Einsatzdauer t ergeben sich unter der Annahme der vollständigen Auslastung der Kapazität Gesamtkosten von

$$(1) \quad K_i = K_i^{\text{fix}} \cdot Kap_i + K_i^{\text{Br}} \cdot Kap_i \cdot t_i \quad [\text{€}] \quad \text{mit } i = S, M, G.$$

Der resultierende optimale Kraftwerkspark bestehe aus drei Kraftwerken, es gilt also

$$K_S^{\text{fix}} < K_M^{\text{fix}} < K_G^{\text{fix}}, \quad K_S^{\text{Br}} > K_M^{\text{Br}} > K_G^{\text{Br}} \quad \text{und} \quad K_M^{\text{Fix}} < K_S^{\text{Fix}} + \frac{K_G^{\text{Fix}} - K_S^{\text{Fix}}}{K_S^{\text{Br}} - K_G^{\text{Br}}} \cdot (K_S^{\text{Br}} - K_M^{\text{Br}}).$$

Die Grenzkosten einer Erhöhung der Kapazität um ein kW sind

$$(2) \quad K_i' = K_i^{\text{fix}} + K_i^{\text{Br}} \cdot t_i \quad [\text{€/kW}]$$

Die Schnittpunkte t_1 und t_2 in Abbildung 2 bestimmen sich als:

$$(3) \quad t_1 = \frac{K_M^{\text{fix}} - K_S^{\text{fix}}}{K_S^{\text{Br}} - K_M^{\text{Br}}} \quad [\text{h}]$$

$$(4) \quad t_2 = \frac{K_G^{\text{fix}} - K_M^{\text{fix}}}{K_M^{\text{Br}} - K_G^{\text{Br}}} \quad [\text{h}]$$

Der optimale Kraftwerkspark ergibt sich mit den Kapazitäten:

$$(5) \quad Kap_S = L(0) - L(t_1) \quad [\text{kW}]$$

$$(6) \quad Kap_M = L(t_1) - L(t_2) \quad [\text{kW}]$$

$$(7) \quad Kap_G = L(t_2) - L(t_{8760}) \quad [\text{kW}]$$

Die Produktion der einzelnen Kraftwerke ist mit den jeweiligen Brennstoffkosten zu bewerten. Für die Gesamtkosten der Stromproduktion ergibt sich somit:

$$\begin{aligned}
K_T = & \text{Kap}_S \cdot K_S^{\text{fix}} + \text{Kap}_M \cdot K_M^{\text{fix}} + \text{Kap}_G \cdot K_G^{\text{fix}} + \\
& \left\{ \int_0^{t_1} L(t) dt - t_1 \cdot (\text{Kap}_G + \text{Kap}_M) \right\} \cdot K_S^{\text{Br}} + \\
(8) \quad & \left\{ \int_{t_1}^{t_2} L(t) dt - (t_2 - t_1) \cdot \text{Kap}_G + t_1 \cdot \text{Kap}_M \right\} \cdot K_M^{\text{Br}} + \\
& \left\{ \int_{t_2}^{8760} L(t) dt + t_2 \cdot \text{Kap}_G \right\} \cdot K_G^{\text{Br}} \quad [\text{€}]
\end{aligned}$$

Durch Umformung ergibt sich bei Verwendung der Gleichungen (3) und (4)¹

$$(9) \quad K_T = \text{Kap} \cdot K_S^{\text{fix}} + K_S^{\text{Br}} \int_0^{t_1} L(t) dt + K_M^{\text{Br}} \int_{t_1}^{t_2} L(t) dt + K_G^{\text{Br}} \int_{t_2}^{8760} L(t) dt \quad [\text{€}]$$

mit

$$\text{Kap} = \text{Kap}_S + \text{Kap}_M + \text{Kap}_G$$

Es sei darauf hingewiesen, dass die Fixkosten für Mittel- und Grundlastkraftwerke durch die Bestimmung der optimalen Einsatzzeiten t_1 und t_2 nach den Gleichungen (3) und (4) in Gleichung (9) enthalten sind.

Die Erlöse ergeben sich bei Grenzkostenpreissetzung als

$$(10) \quad E_T = K_S^{\text{Br}} \int_0^{t_1} L(t) dt + K_M^{\text{Br}} \int_{t_1}^{t_2} L(t) dt + K_G^{\text{Br}} \int_{t_2}^{8760} L(t) dt \quad [\text{€}]$$

Daraus folgt für den Gewinn:

$$(11) \quad G_T = E_T - K_T = -\text{Kap} \cdot K_S^{\text{fix}} \quad [\text{€}]$$

Beispielhaft sei die Situation für das Grundlastkraftwerk betrachtet. Die Kosten des Grundlastkraftwerks betragen:

¹ Bei Interesse ist die Herleitung von (9) aus (8) beim Autor zu erhalten (chr.mueller@enbw.com).

$$(12) \quad K_G = \text{Kap}_G \cdot K_G^{\text{fix}} + K_G^{\text{Br}} \cdot \text{Kap}_G \cdot t_2 + K_G^{\text{Br}} \int_{t_2}^{8760} L(t) dt$$

Die Erlöse lassen sich darstellen als:

$$(13) \quad E_G = K_S^{\text{Br}} \cdot \text{Kap}_G \cdot t_1 + K_M^{\text{Br}} \cdot \text{Kap}_G \cdot (t_2 - t_1) + K_G^{\text{Br}} \int_{t_2}^{8760} L(t) dt$$

Unter Verwendung von Gleichung (3) und Gleichung (4) ergibt sich der Verlust des Grundlastkraftwerks als:²

$$(14) \quad G_G = E_G - K_G = -\text{Kap}_G \cdot K_S^{\text{fix}} \quad [€]$$

Analog lassen sich die Kosten und Erlöse der einzelnen Kraftwerke bestimmen:

$$(15) \quad G_{S/M/G} = -\text{Kap}_{S/M/G} \cdot K_S^{\text{fix}} \quad [€]$$

² Siehe Fußnote 6.